Journal of Horticultural Science
https:// jhs.um.ac.ir

Research Article
Vol. 36, No. 2, Summer 2022, p. 505-518

Evaluation of Characteristics of Municipal Waste Compost Enriched with Blood Powder, Bone Powder and Phosphate Soil and Its Impact on Spinach (*Spinacia oleracea* L.) Growth

J. Ahooee[1], A.R. Astaraei[2*], A. Lakzian[3], R. Khorassani[4]

Received: 19-10-2021
Revised: 01-11-2021
Accepted: 24-11-2021
Available Online: 21-08-2022

How to cite this article:
Ahooee J., Astaraei A.R., Lakzian A., and Khorasani R. 2022. Evaluation of Characteristics of Municipal Waste Compost Enriched with Blood Powder, Bone Powder and Phosphate Soil and Its Impact on Spinach (*Spinacia oleracea* L.) Growth. Journal of Horticultural Science 36(2): 505-518. (In Persian with English abstract)
DOI: 10.22067/JHS.2021.72864.1097

Introduction

Management of municipal wastes as well as their reuse is one of major concerns of researchers in recent decades due to the expansion of urbanization and increase in production of municipal waste. Composting and use of municipal waste is one of the solutions used in the management of these materials. Implementation of various additives to enrich and improve the properties of the produced compost is one of the common methods to increase the efficiency of produced compost. Different organic and inorganic compounds are used to enrich the produced compost. The aim of this study was to investigate the effect of two organic compounds (blood powder and bone powder) and a mineral compound (phosphate soil) on the composting properties of municipal waste. It was also our goal to find the effect of these treatments on growth characteristics and concentration of nutrients in shoot of spinach was evaluated.

Materials and Methods

This research was conducted in two stages. The purpose of the first part was to investigate the effect of organic and inorganic additives on the properties of municipal waste compost. Experimental factors included four types of composts including control compost (without additives); compost plus 1% blood powder; compost plus 1% bone powder and compost plus 5% phosphate soil. After sieving the waste and removing the waste leachate, about 60 kg of waste was weighed for each treatment and placed in plastic barrels with a volume of 100 liters for better control of aeration conditions. The compost ripening factors were stable after 90 days, when it was screened and materials were separated, then some of its properties include acidity, electrical conductivity, organic carbon, total nitrogen, C/N ratio, iron, humic acid, fulvic acid, and other parameters including humification ratio, humification index and degree of polymerisation were measured. In the second phase, the effect of compost enriched with blood powder, bone powder and phosphate soil treatments was compared with control treatment (without compost) on growth characteristics and nutrient concentrations in spinach shoots in a greenhouse experiment. For this purpose, pots (with a diameter of 25 cm and a height of 30 cm) were packed with 8 kg of soil in which enriched composts was mixed in 5 g compost/kg of soil ratio. After preparing the pot, the humidity reached 65% of the field capacity and after 25 days, 6 spinach seeds (Spinacia oleracea L.) were planted. After 50 days of planting, the plants were harvested and parameters such as shoot dry weight, leaf area, nitrogen, iron and phosphorus were measured.

Results and Discussion

Results of enriched compost showed that the highest amount of reduction in EC (with 14.5%) and OC (with 8.9%) was resulted in phosphate soil treatment and the highest reduction in C/N ratio (with 46.8%) was related

1, 2, 3 and 4- Ph.D. Student, Associate Professor, Professor and Associate Professor Department of Soil Science, Ferdowsi Uiversity of Mashhad, Mashad, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: astaraei@um.ac.ir)

to blood powder treatment. Regarding to the other variables, the highest N and Fe concentrations was related to the blood powder treatment with 2.5% and 706.6 mg/Kg and the highest P content with 1.66% was observed in phosphate soil treatment which had a significant difference with control. Regarding to the Humification indices the highest difference with the control treatment in Fulvic acid content with 24.5% was related to bone powder treatment, that of Humic acid content with 32.4% and Polymerization rate with 43% was related to phosphate soil. In this experiment, the amount of organic carbon was expected to increase in blood powder and bone powder treatments, which was not the case. This may be due to the effect of these treatments on increasing microbial activity such as microbial respiration and increasing the decomposition of organic carbon which ultimately leads to a decrease in the amount of organic carbon. The increase in EC in organic treatments compared to inorganic treatments may be due to weight loss of organic matter and release of various mineral salts. The effect of experimental treatments in the greenhouse section also showed that highest difference in plant dry weight compared to the control was related to the blood powder treatment with 59% increase and regarding to the leaf area with 31.9% increase through application of the blood powder and phosphate treatments. The highest amount of Fe and N absorption in spinach shoots was also observed in blood powder treatment with 1177 mg/Kg and 3.13% respectively. Phosphate soil with high amounts of phosphorus increased the amount of this element in the shoots of spinach. The two combinations of blood powder and bone powder caused a significant increase in these elements in the compost and in most of the measured parameters, due to their high amounts of nitrogen and iron. These two organic substances were significantly different from the control.

Conclusion

The results of this study showed that the enrichment of municipal waste compost using organic and inorganic additives can compensate for the lack of some elements in the compost and further increase the growth of spinach. Adding blood powder increased the concentration of iron and nitrogen in the shoot and decreased the C/N ratio compared to the control treatment. Also, the positive effect of phosphate soil and bone powder are effective in increasing the phosphorus content of compost. In addition, the combination of phosphate soil with municipal waste compost due to the formation of more stable materials such as humic acid and folic acid prevents their subsequent wastage. Finally, it can be concluded that in this experiment, two treatments of blood powder and phosphate soil have the best effect on enrichment and they had increased growth characteristics of spinach and in general, and blood powder was selected as the best treatment.

Keywords: Blood powder, Bone powder, Municipal waste compost, Phosphate soil, Spinach

نشریه علوم باغبانی
https:// jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۶، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۱، ص ۵۱۸-۵۰۵

ارزیابی خصوصیات کمپوست زباله شهری غنی شده با پودر خون، پودر استخوان و خاک فسفات و تاثیر آن بر رشد اسفناج (*Spinacia oleracea* L.)

جواد آهوی[۱]- علیرضا آستارایی[۲]*- امیر لکزیان[۳]- رضا خراسانی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۰۳

چکیده

استفاده از افزودنی‌های مختلف جهت غنی‌سازی و بهبود خصوصیات کمپوست تولید شده از جمله روش‌های مرسوم می‌باشد. در این تحقیق هدف بررسی تاثیر دو ترکیب آلی (پودر خون و پودر استخوان) و یک ترکیب معدنی (خاک فسفات) بر خصوصیات کمپوست زباله شهری و همچنین تاثیر این تیمارها بر خصوصیات رشدی و غلظت عناصر غذایی در گیاه اسفناج می‌باشد. این تحقیق در دو بخش جداگانه انجام شد. هدف بخش اول بررسی تاثیر افزودنی‌های آلی و معدنی بر خصوصیات کمپوست زباله شهری بود. فاکتورهای آزمایشی شامل چهار نوع کمپوست شاهد(بدون افزودنی)، همراه با ۱ درصد پودر خون، با ۱ درصد پودر استخوان و با ۵ درصد خاک فسفات بودند. در بخش دوم این تحقیق و در یک آزمایش گلخانه‌ای تاثیر تیمارهای حاصل از کمپوست غنی شده بعلاوه یک تیمار شاهد (بدون کمپوست) بر خصوصیات رشدی و غلظت عناصر غذایی در اندام هوایی گیاه اسفناج مورد بررسی قرار گرفت. نتایج داده‌های کمپوست غنی‌سازی شده نشان داد که تیمارهای آزمایشی باعث کاهش هدایت الکتریکی و کربن آلی می‌گردد که بیشترین کاهش در تیمار خاک فسفات به ترتیب با ۱۴/۵ درصد و ۸/۹ درصد نسبت به تیمار شاهد مشاهده شد. کمترین نسبت C/N با ۸/۲۶ و بیشترین مقادیر نیتروژن با مقدار ۲/۵ درصد در تیمار پودر خون بدست آمد. تیمار خاک فسفات باعث افزایش مقدار فسفر ۲۱۵ درصدی در مقایسه با شاهد شد. اضافه کردن پودر خون باعث افزایش مقدار آهن شد بطوری که میزان آن به ۷۰۶/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم رسید. میزان اسید هیومیک، شاخص هوموسی شدن و درجه پلیمریزاسیون در تیمار خاک فسفات به ترتیب با ۵/۷۲ درصد ، ۲۸/۴۸ و ۵۶/۵۴ دارای بیشترین مقادیر در مقایسه با سایر تیمارها بودند. تاثیر تیمارهای کمپوست غنی‌سازی شده در کشت گلخانه نیز نشان از تاثیر مثبت این تیمارها بر وزن خشک گیاه بود. به طوری که بیشترین افزایش در تیمار پودر خون با مقدار ۵۹ درصد نسبت به تیمار شاهد مشاهده شد، و بیشترین میزان جذب فسفر در تیمار خاک فسفات با ۸۷/۵ درصد رشد نسبت به تیمار شاهد ملاحظه گردید. بیشترین مقادیر جذب آهن و نیتروژن در اندام هوایی به ترتیب در تیمار پودر خون با ۱۱۷۷ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک گیاه و ۳/۱۳ درصد بود. در این تحقیق پودر خون به عنوان بهترین تیمار در غنی‌سازی کمپوست زباله شهری مشخص شد.

واژه‌های کلیدی: اسفناج، پودر استخوان، پودر خون، خاک فسفات، کمپوست زباله شهری

مقدمه

نگرانی‌های زیادی در مورد پایداری و اثربخشی کوددهی مبتنی بر استفاده از کودهای شیمیایی وجود دارد که مهم‌ترین آن‌ها، آزاد شدن سریع عناصر غذایی از این کودها می‌باشد (FAO, 2009). بنابراین، در دهه اخیر تحقیقات، استفاده از بیوتکنولوژی‌های کشاورزی برای افزایش کمیت و کیفیت محصولات با در نظر گرفتن کمبود عنصر و مشکلات محیطی و اقتصادی در زمان استفاده از کودهای شیمیایی را جز اولویت‌های خود قرار داده‌اند. در این بین یکی از امیدوار کننده‌ترین روش‌ها برای جبران کمبود ماده آلی و عناصر غذایی در خاک، استفاده از کمپوست است که می‌تواند به عنوان یک منبع آلی، علاوه بر تامین عناصر غذایی بر فعالیت میکروارگانیسم‌های

۱، ۲، ۳ و ۴- به‌ترتیب دانشجوی دکتری، دانشیار، استاد و دانشیار گروه مهندسی علوم خاک، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: astaraei@um.ac.ir
DOI: 10.22067/JHS.2021.72864.1097

خاک نیز تاثیر مثبت داشته باشد (Pergola *et al*., 2018).

در شهر بزرگی مانند مشهد روزانه ۱۲۰۰ تن زباله تولید می‌شود (Fallah *et al*., 2014). تهیه کمپوست از پسماندهای آلی جامد شهری به سرعت در حال رشد بوده و نقش مهمی در جایگزینی و کاهش مصرف کودهای شیمیایی پر خطر دارد. کمپوست زباله شهری با دارا بودن مقدار زیاد کربن آلی، جرم مخصوص ظاهری کم و با نسبت C/N مناسب و آلودگی‌های آلی و غیر آلی خیلی کم (در کمپوست‌های شهری با کیفیت) می‌توانند موجب بهبود وضعیت فیزیکی، شیمیایی و بیولوژی خاک، با هزینه کمی بشود (Soumare ; Lakhdar *et al*., ; Hargreaves *et al*., 2007*et al*., 2003 2009). تحقیقات نشان داده که با کاربرد ۲۰ و ۸۰ تن بر هکتار کمپوست زباله شهری جامد در خاک، اسید هیومیک موجود در کمپوست زباله‌های شهری به فرم‌های ترکیبی اسید هیومیک در خاک تبدیل می‌شود (۱۷، ۲۳). تداوم کاربرد کمپوست زباله شهری به طور مداوم موجب افزایش مقدار ماده آلی خاک و افزایش نسبت C/N خاک تا مقادیر بیشتر از خاک فاقد کمپوست زباله شهری شد (Montemurro ; Walter *et al*., 2006;Crecchio *et al*., 2004 *et al*., 2006).

در حال حاضر، چندین استراتژی برای بهبود فرآیند کمپوست زباله‌های آلی و رفع مشکلات مشترک مربوطه از جمله کاهش محتوای مواد مغذی، انتشار گاز گلخانه‌ای، تخریب سریع ماده آلی موجود در دسترس و تجزیه ناقص اسیدهای آلی و ترکیبات لیگنین به کار برده می‌شوند (Cesaro et al., 2019).

یک کیلوگرم خون دارای ۳۰-۲۰ گرم آهن است که به صورت Fe^{2+} در گروه هم از مولکول هموگلوبین می باشد و منابع مناسبی برای تامین آهن برای گیاه توصیه می‌شود (Yunta *et al*., 2008).

استخوان از مهم‌ترین ضایعات تولید شده در کشتارگاه‌ها است که منبعی غنی از فسفر می‌باشد و با تبدیل شدن به پودر استخوان می‌تواند به منظور تأمین نیاز گیاهان به عنوان کود آلی به جای کود شیمیایی استفاده شود. تجزیه و تحلیل شیمیایی پودر استخوان نشان می‌دهد که حاوی مقادیر قابل توجهی از مواد آلی است و عناصر همچون نیتروژن، فسفر و کلسیم بوده، بنابراین می‌تواند به‌عنوان یک کود مناسب محسوب شود (Jeng *et al*., 2007).

افزودن سوبستراهای معدنی، به ویژه مواد غنی از فسفر در دهه گذشته به دلیل عملکرد عالی آن‌ها در فرآیند کمپوست سازی و تولید یک محصول غنی از فسفر بسیار مورد توجه قرار گرفته است (Barthod *et al*., 2018). افزودن سنگ فسفات و محصولات مشتق شده از آن در فرآیند کمپوست کردن ، به طور موثر باعث افزایش فعالیت میکروبی می شود (Jeng *et al*., 2007). اقبال و همکاران (Iqbal *et al*., 2010) با کاربرد سه ماده معدنی سنگ فسفات، سولفات آهن و آهک به کمپوست زباله‌های شهری و بعد از دو روز مخلوط کردن آن با ۲ درصد فاضلاب خانگی مشاهده کردند میزان آهن و فسفر قابل دسترس افزایش یافت (Iqbal *et al*., 2010). مطالعات نشان داده که ۱۰ تا ۵۰ درصد از کل فسفر موجود در کمپوست زباله شهری در هر دو سال اول و دوم بعد از کاربرد آن، قابل دسترس می‌باشد (Hargreaves *et* Soumare *et al*., 2003 ; *al*., 2007).

گیاه اسفناج با نام علمی *Spinacia oleracea* L. از خانواده Chenopodiaceae بومی مناطق مرکزی آسیا و به احتمال قوی ایران است. اسفناج به عنوان یک سبزی برگی بوده و برگ‌ها و ساقه‌های ظریف آن به هر دو صورت خام و فرآوری شده مصرف می‌شود. مصرف این سبزی در غذاهای ایرانی نیز زیاد بوده است. از نظر میزان تولید این سبزی، کشور چین در جایگاه اول و ایالات متحده آمریکا در رتبه دوم قرار دارد. میزان تولید سالانه اسفناج در ایران نیز حدود ۱۰۰۰۰ تن می‌باشد (FAO, 2009).

افزایش عملکرد در اثر کاربرد کمپوست در اسفناج توسط محققان مختلفی از جمله اقبال و همکاران (Iqbal *et al*., 2010) گزارش شده است. با توجه به مطالب بیان شده و از طرفی افزایش روز افزون زباله شهری، به نظر می‌رسد که کمپوست کردن و استفاده از این ترکیبات در بهبود خصوصیات خاک از جمله راهکارهای موثر در کاهش اثرات سوء این ترکیبات و همچنین کاهش میزان مصرف کود شیمیایی باشد. لذا در این تحقیق هدف بررسی اثر غنی سازی کمپوست زباله شهری بر خصوصیات خاک و همچنین بهبود رشد گیاه اسفناج می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مرحله اول: به منظور بررسی تاثیر غنی‌سازی کمپوست زباله شهری با استفاده از پودر خون، پودر استخوان (تهیه شده از کشتارگاه صنعتی مشهد) و خاک فسفات (تهیه شده از شرکت کیمیا مهر پارس از معدن فسفات اسفوردی بافق یزد) آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در سال ۱۳۹۶ در مجتمع بازیافت مواد سازمان مدیریت پسماند مشهد انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل ۱) شاهد (پسماند بدون اضافه کردن مواد اصلاحی)، ۲) پودر خون (یک درصد وزنی)، ۳) پودر استخوان (یک درصد وزنی) و ۴) خاک فسفات (۵ درصد وزنی) بود که سطوح وزنی این تیمارها بر اساس وزن خشک زباله محاسبه و اضافه شد. در ابتدا پس از مرحله سرند کردن زباله و حذف شیرابه زباله، مقادیر یکسانی زباله به میزان ۶۰ کیلوگرم تهیه و سپس و به‌منظور کنترل بهتر، هر یک از تیمارها در بشکه‌های پلاستیکی به حجم ۱۰۰ لیتر ریخته شد، به طوری که یک سوم حجم بالایی بشکه خالی بود. در طی مدت آماده‌سازی تیمارها، هوادهی کمپوست توسط پمپ و مخلوط نمودن توده به‌وسیله غلطاندن و زیر

رو کردن بشکه‌ها هر دو روز یکبار صورت گرفت.

پس از اتمام دوره کمپوست شدن (۹۰ روز) و ثبات در فاکتورهای رسیدگی کمپوست، بعد از سرند و جداسازی مواد، از هریک از آن‌ها نمونه تهیه و سپس در آزمایشگاه برای مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک و آسیاب شده و پس از آن برخی از خصوصیات آن شامل اسیدیته و هدایت الکتریکی (در نسبت ۱:۱۰ کمپوست و آب مقطر)، کربن آلی به روش والکلی و بلک (Walkley and Black, 1934)، نیتروژن کل به روش برمنر و مولوانی (Bremner and Mulvaney, 1982)، نسبت C/N، فسفر به روش اولسن و سامرز (Olsen and Smmers, 1982)، آهن با روش میکل و با استفاده از دستگاه جذب اتمی (مدل PerkinElmer 2080) (Michael *et al*., 1983)، اسید هیومیک (HA) به روش کی و همکاران (Qi *et al*., 2004) و اسید فولویک (FA) به روش جورج و لائوچلی (George and Lauchli, 1985) و سایر پارامترها شامل نسبت هوموسی شدن (HR) و شاخص هوموسی شدن (HI) و درجه پلیمراسیون به روش امیر و همکاران (Amir *et al*., 2008) به‌ترتیب از رابطه‌های ۱، ۲، و۳ اندازه‌گیری شدند.

(۱) $HR = [(HA + FA)/TOC] \times 100$

(۲) $HI = (HA/TOC) \times 100$

(۳) $\text{Degree of polymerization} = HA/FA$

مرحله دوم: به منظور مطالعه تاثیر کمپوست تولید شده در مرحله اول بر عملکرد و جذب عناصر توسط گیاه اسفناج کشت گلخانه‌ای (با پوشش پلاستیک و در شرایط دمای قابل کنترل) در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای این مرحله شامل ۴ تیمار مرحله قبل و یک تیمار شاهد (بدون کمپوست) بودند. بدین منظور گلدان‌هایی (با قطر دهانه ۲۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر) با ۸ کیلوگرم خاک تهیه شده و به هر یک از گلدان ها بر اساس ۵ گرم بر کیلوگرم خاک از هریک تیمارها به آن‌ها اضافه شد. پس از آماده سازی گلدان‌ها رطوبت به ۶۵ درصد ظرفیت زراعی رسانده شده و پس از ۲۵ روز تعداد ۶ عدد بذر اسفناج (*Spinacia oleracea. L*) در فواصل یکسان در گلدان‌ها کاشته و میزان کاهش آب به صورت وزنی و روزانه تامین (هر ۳ روز یکبار) شدند. پس از مرحله ۳ برگی تعداد بوته‌ها به سه عدد در هر گلدان کاهش یافت و پس از ۵۰ روز از زمان کاشت(در مرحله ۹-۱۰ برگی)، اندام هوایی (شامل برگ و ساقه سالم) از سطح خاک برداشت شده و درون پاکت کاغذی به آزمایشگاه منتقل گردید. بعد از اندازه‌گیری سطح برگ با استفاده از Leaf area meter (مدل Li3100) در ادامه گیاهان پس از شستشو با آب مقطر به مدت ۴۸ ساعت و در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد در آون نگهداری شده و سپس وزن خشک اندام‌های هوایی اندازه‌گیری شده و پس از آسیاب کردن میزان نیتروژن به روش کجلدال، آهن به روش هضم خشک و با استفاده از دستگاه جذب اتمی (مدل Perkin Elmer 2080) و فسفر به روش رنگ سنجی (Emami, 1996) اندازه‌گیری شد.

به منظور تجزیه آماری داده‌ها از نرم‌افزار آماری MSTATC استفاده شده و مقایسه میانگین داده‌های آزمایشی با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی پودر خون، پودر استخوان و خاک فسفات

Table 1- Chemical properties of blood meal, bone meal and phosphate soil

تیمارهای آزمایشی Experimental treatment	مس Cu	روی Zn	آهن Fe	C/N	پتاسیم K	فسفر P	سدیم Na	نیتروژن کل TN	نیتروژن N	خاکستر Ash	هدایت الکتریکی EC	اسیدیته pH
	($mg.kg^{-1}$)	($mg.kg^{-1}$)	($mg.kg^{-1}$)		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	($dS.m^{-1}$)	
پودر خون Blood meal	4	60	4905	3.55	0.09	0.05	0.55	8.3	29.4	6	17.89	7.9
پودر استخوان Bone meal	10	100	709	6.61	0.23	6.18	2.29	5.1	33.7	43	18.65	6.7
خاک فسفات Phosphate soil	1.3	2	22.5	0	17	19.5	0.02	0.007	0.11	99	3.62	8.1

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

Table 2- Physical and chemical properties of tested soil

روی Zn	مس Cu	پتاسیم K	آهن Fe	فسفر P	ماده آلی OM	نیتروژن کل N	ظرفیت تبادل کاتیونی CEC	هدایت الکتریکی EC	pH
		(mg.kg^{-1})			(%)	(%)	(C mol$_{(c)}$.kg^{-1})	(dS.m^{-1})	
7.8	2.3	287	4	7.6	0.91	0.05	14.8	1.2	7.2

نتایج و بحث

اسیدیته (pH) کمپوست غنی شده

نتایج نشان داد که کاربرد تیمارهای آزمایشی بر pH اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۳) و در عین حال دامنه آن در تیمارهای مختلف بین ۷/۲۴ تا ۷/۵۸ متفاوت بود. عدم تغییرات اسیدیته در اثر اعمال تیمار پودر خاک فسفات با کمپوست شاهد با یافته‌های ونگ و فانگ (Wong and Fang, 2000) و همچنین محمد و همکاران (Muhammad *et al*., 2010) مطابقت دارد.

هدایت الکتریکی (EC) کمپوست غنی شده

تاثیر تیمارهای آزمایشی بر تغییرات هدایت الکتریکی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین و کمترین مقدار EC به ترتیب در دو تیمار شاهد (۶/۸۷ دسی‌زیمنس بر متر) و خاک فسفات (۵/۷۸ دسی‌زیمنس بر متر) مشاهده شد. در ابتدا باید به این نکته توجه کرد که دامنه مقادیر EC کمپوست‌ها بین ۳/۶۹ تا ۷/۴۹ دسی‌زیمنس بر متر گزارش شده است (Brady and Weil, 2002). سه تیمار پودر خون، پودر استخوان و خاک فسفات در مقایسه با شاهد باعث کاهش ۸/۵، ۳ و ۱۵/۸ درصدی EC کمپوست شدند (جدول ۴). هو و همکاران (Hu *et al*., 2021) در آزمایشی خود مشاهده نمودند که تیمارهای غنی شده کمپوست با سنگ فسفات، EC پایین تری نسبت به تیمار شاهد داشت. میزان کاهش در دو تیمار پودر خون و پودر استخوان به مراتب کمتر از خاک فسفات بود. به طور کلی انتظار می‌رفت که در تیمارهای مورد مطالعه به دلیل حل شدن تدریجی و همچنین تجزیه و آزاد شدن عناصر میزان EC نمونه‌ها نیز در مقایسه با شاهد افزایش پیدا کند که روند این‌گونه نبوده و نتایج این تحقیق با گزارش خلیل و همکاران مطابقت نداشت (Khalil *et al*., 2019). از طرفی در مورد مقایسه بین تیمارهای آلی و معدنی در این تحقیق این‌گونه می‌توان گفت که افزایش مقدار EC در تیمارهای آلی در مقایسه با معدنی ممکن است به علت کاهش وزن مواد آلی و آزاد شدن نمک‌های معدنی مختلف باشد (Suthar, Garg *et al*., 2006 ; 2007). دلیل دیگر بالا بودن مقدار هدایت الکتریکی در تیمارهای آلی در مقایسه با معدنی مقدار زیاد این پارامتر در زمان تجزیه اولیه این ترکیبات می‌باشد (جدول ۱).

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) غنی‌سازی کمپوست زباله شهری تحت تاثیر کاربرد پودر خون، پودر استخوان و خاک فسفات

Table 3- ANOVA (mean squares) for municipal waste compost enrichment under application of blood meal, bone meal and phosphate soil

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	درجه پلیمرا سیون HR	شاخص هوموسی شدن HI	نسبت هوموسی شدن HA/HF	فولویک اسید FA	هیومیک اسید HA	آهن Fe	فسفر P	C/N	نیتروژن کل TN	کربن آلی کل TOC	هدایت الکتریکی EC	اسیدیته pH
تیمار Treatment	3	53.7**	42.7**	0.749**	0.035*	1.145**	0.73**	180391**	1.99**	2.5**	2.07**	0.69**	0.059ns
خطا Error	8	2.476	1.819	0.08	0.008	0.062	0.01	679	0.36	0.03	0.135	0.074	0.038
ضریب تغییرات CV (%)		5.4	5.8	6.9	7.5	5.1	11.8	1	4.3	1.2	1.7	4.2	2.6

ns و *و **- به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد است

ns, *, **: non-significant and significant at 5% and 1% of probability levels, respective

درجه پلی میراسیون(HR)، شاخص هوموسی شدن (HI)، نسبت هوموسی شدن (HR)، کربن آلی کل (TOC)

درصد کربن آلی کل کمپوست غنی شده

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تـاثیر تیمارهـای آزمـایش بـر مقدار کربن آلی کمپوست در سـطح احتمـال ۱ درصـد معنـی‌دار بـود (جدول ۳). سه تیمار مورد استفاده باعث کاهش معنی‌دار مقدار کـربن آلی کمپوست شدند. این مقدار کاهش در سه تیمار پـودر خـون، پـودر استخوان و خاک فسفات بـه ترتیـب معـادل ۶/۳، ۵/۴ و ۸/۹ درصـد بودند (جدول ۴). با توجه به ترکیب دو ماده آلی با کمپوست کـه خـود دارای مقدار کربن آلی زیادی بوده، انتظار می‌رفت که مقدار کربن آلی در تیمارهای پودر خون و پودر استخوان افـزایش یابـد کـه ایـن‌گونـه نبوده و مقدار کربن آلی در مقایسه با شاهد کاهش یافـت. ایـن اتفـاق احتمالا می‌تواند به دلیل تاثیر این تیمارهـا بـر افـزایش فعالیـت‌هـای میکروبی مانند تنفس میکروبی و افزایش تجزیه کربن آلـی شـده کـه این امر نهایتا منجر به کاهش مقدار کربن آلـی شـده اسـت. در مـورد تیمار خاک فسفات نیز می‌توان گفت که احتمالا با توجه به تاثیر فسفر بر فعالیت میکروارگانیسم‌ها و تغییر فعالیت میکروبـی در پـی افـزایش مقدار فسفر آزاد شده از خاک فسفات، مواد آلی موجود تجزیـه شـده و در مقایسه با شاهد روند کاهشی مشاهده شـد. توجلانـدر و همکـاران (Toljander *et al*., 2008) افزایش فعالیت و تنوع جامعـه میکروبـی در پی افزایش میزان فراهمی فسفر را گزارش کردنـد. در مـورد تـاثیر مواد آلی مختلف بر فعالیـت میکروارگانیسـم‌هـا نیـز نتـایج تحقیقـات مختلف نشان داد که به دلیل بالا بودن مقدار نیتـروژن و کـربن مـواد آلی فعالیت میکروارگانیسم‌ها افزایش می‌یابد (Oleszczuk , 2007 ; Anastasia *et al*., 2009). تحقیقات دیگر نیز نشان داده اسـت کـه خاک فسفات افزایش دما را تسریع (Li *et al*., 2020) و تجزیه مـواد آلی و آزاد سازی اسیدهای آلـی را تسـهیل مـی‌کنـد (Zhou *et al*., 2018).

نیتروژن کل کمپوست غنی شده

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای آزمایشی بر مقدار نیتروژن کل کمپوست غنی شده در پایان آزمایش در سطح احتمـال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). به ترتیب بیشترین و کمترین نیتـروژن کل کمپوست غنی شده در تیمارهای پودر خـون و خـاک فسـفات بـا مقادیر ۲/۵ و ۱/۳۶ درصد مشاهد شد (جدول ۴). کودهای آلی به‌ویـژه کمپوست زباله شهری و دامی در مقایسه با کودهـای شـیمیایی دارای مقادیر زیادی مواد آلی هستند و می‌توانند به عنوان منابع غنی عناصـر غذایی به ویژه نیتروژن، فسفر و پتاسیم، آن‌هـا را بـه مـرور زمـان در اختیار گیـاه قـرار دهنـد (Khandan and Astaraei, 2005). وجـود پروتئین بیشتر در بافتهای حیوانی در مقایسه با بافتهای گیاهی، حضور آنها در کمپوست تولید شـده از ضـایعات حیـوانی منجـر بـه افـزایش سطوح نیتروژن در تیمارهای حاوی خون خشک شده است (Askari *et al*., 2020). خون به دلیل دارا بودن نیتروژن زیاد یک فعال کننده زیستی در ساخت کمپوست است. وجود خون در کمپوست بـه کمـک میکروارگانیسم ها با افزودن مقدار مناسب نیتروژن باعـث تحریـک و تکثیر میکروارگانیسم ها شده، که به نوبـه خـود بـه افـزایش تسـریع تجزیه کود کمک می کند و کیفیت کود را بهبود می‌بخشد. علاوه بـر این، خون حاوی عناصر P و K است، به طوری که افزودن خـون بـه کمپوست در نهایت باعث افزایش محتوای عناصر P , N و K در کود ساخته شده می‌شود (Ginting, 2020).

در تیمار خاک فسفات نیـز درصـد نیتـروژن کـل معـادل ۰/۰۰۷ درصد شده که به طبع تاثیری بر این فاکتور نداشته اسـت. از آنجـایی که منابع نیتروژنی در توده کمپوست نقش تعیین کننده‌ای بر افـزایش فعالیت‌های میکروبی دارند و در این تحقیـق منـابع پـودر خـون (۸/۳ درصد) و پودر استخوان (۱/ ۵ درصـد) دارای مقـادیر نیتـروژن نسـبتا بالایی هستند، بنابراین این دو ترکیب نقش تعیین کننده و موثری بـر افزایش نیتروژن کل در فرآورده نهایی کمپوسـت غنـی شـده داشـتند (Felton *et al*., 2004). چانـدنا و همکـاران (Chandna *et al*., 2013) نیز گزارش کردند که کاربرد مواد اصلاحی با مقـدار نیتـروژن مناسب و مواد حجم دهنده مغـذی در کمپوسـت و پروسـه کمپوسـت سازی منجر به تولید کمپوست با کیفیت خوب می‌شود. کاهش نسبت C/N می‌تواند به دلیل افت کربن به دلیل تولید CO_2 در طول تجزیـه ماده آلی و افزایش در تولید نیتروژن به دلیل معـدنی شـدن ترکیبـات آلـی نیتروژنـی باشـد (Saber *et al*., 2011). چانـدنا و همکـاران (Chandna *et al*., 2013) نشان دادند که در طی پروسه کمپوسـت سازی، در مقادیر کربن آلی، نیتروژن کل و نسبت C/N تغییرات قابـل ملاحظه‌ای ایجاد می‌شود، بنابراین با کاهش کربن آلی، نیتـروژن کـل در مرحله پایانی کمپوست تولیدی افزایش می‌یابد. اقبـال و همکـاران (۲۴) نتیجه‌گیری کردند که پروسه نیتریفیکاسیون در کمپوسـت زبالـه شهری حاوی خاک فسفات موثرتر بوده که منجر به کاهش در مقدار $N\text{-}NH_4^+$ و افـزایش در مقـدار $N\text{-}NO_3^-$ در پایـان آزمـایش شده است.

نسبت کربن به نیتروژن (C/N) کمپوست غنی شده

نتایج تجزیه واریانس تیمارها بر C/N نشان داد که هر سه تیمار آزمایشی تاثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصـد بـر نسـبت C/N داشتند (جدول ۳). بیشترین و کمتـرین مقـدار C/N بـه ترتیـب در دو تیمار شاهد (۱۵/۵۴) و پـودر خـون (۸/۲۶) مشـاهده شـد (جـدول ۴). نسبت C/N در طی مرحله کمپوست شدن بـه دلیـل از دسـت رفـتن ترکیبات کربنی کاهش می‌یابد که این تغییرات منعکس کننده تجزیـه

ترکیبات آلی می‌باشد. که این موضوع می‌تواند به دلیل پایین بودن درصد کربن در خاک فسفات و یا تاثیر موثر این ماده بر جلوگیری از تلفات نیتروژن باشد. کمپوست حاوی خاک فسفات منجر به تشکیل فسفوپروتئین شده که حساسیت کمتری نسبت به پروتئین در رابطه با تلفات نیتروژن به صورت تصاعد گازی می‌باشد. حضور فسفات موجب نگهداری و محافظت نیتروژن در نتیجه کاهش تعداد باکتری نیترات زدا شده و ترغیب و تشویق کننده رشد میکروب‌های تثبیت کننده نیتروژن می‌شود. تاثیر خاک فسفات در بهبود کیفیت و رسیدگی کمپوست توسط هانین و هامینین (Hanninen and Himanen, 2009) و اقبال و همکاران (Iqbal *et al*., 2010) گزارش شده که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد.

در پروسه کمپوست سازی نسبت C/N مهمترین پارامتر در نظر گرفته می شود، زیرا که این نسبت نشان دهنده وسعت نقل و انتقالات زیستی است که در بخش های شیمیایی کمپوست انجام شده است (Saber *et al*., 2011). در ابتدای پروسه کمپوست سازی نسبت C/N ضایعات کشاورزی ۳۱ بوده که در انتهای پروسه کمپوست سازی به ۱۱/۴ کاهش داشته است. این کاهش ممکن است به دلیل افت کربن باشد که در حقیقت بدلیل تولید CO_2 در طول تجزیه ماده آلی و افزایش در تولید نیتروژن بدلیل معدنی شدن ترکیبات آلی نیتروژنی است. بریتو و همکاران (Brito *et al*., 2008) نیز کاهش نسبت C/N از ۳۶ به ۱۴ در پایان پروسه کمپوست سازی را گزارش کردند. نسبت C/N در ۲۸ روز اولیه سریعا کاهش یافت و به مقدار نهایی ۱۱/۲۲ در روز ۵۶ام در کمپوست تیمار شده رسید (Brito *et al*., 2008).

فسفرکل کمپوست غنی شده

نتایج تجزیه واریانس تیمارهای مختلف بر مقدار فسفر کمپوست نشان داد که تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد بر فسفر نشان دادند (جدول ۳). بیشترین و کمترین فسفر اندازه‌گیری شده به ترتیب در دو تیمار خاک فسفات و شاهد با مقادیر ۱/۶۱ و ۰/۸۸ درصد بود (جدول ۴). افزایش در سه تیمار پودر خون، پودر استخوان و خاک فسفات در مقایسه با شاهد به ترتیب ۲۰، ۷۲/۵ و ۲۲۵ درصد بود. نتایج این تحقیق با نتایج چاندنا و همکاران (Chandna *et al*., 2013) مطابقت داشت. اقبال و همکاران (Iqbal *et al*., 2010) نیز با غنی‌سازی کمپوست با سنگ فسفات نتیجه‌گیری کردند مقدار فسفر در کمپوست تیمار شده نسبت به تیمار نشده افزایش معنی‌داری داشت. همچنین، فلتون و همکاران (Felton *et al*., 2004) گزارش کردند که در طول پروسه کمپوست سازی فسفر کل افزایش داشت.

قرار گرفتن پودر استخوان در شرایط اسیدی به دلیل حضور مواد آلی می‌تواند سبب افزایش فراهمی فسفر گردد (Ghorbanzadeh *et al*., 2009). مقدار فسفر با افزایش مدت زمان کمپوست سازی افزایش می‌یابد و کمپوست زباله شهری رسیده حاوی مقادیر فسفر معادل کودهای شیمیایی فسفات ساده بوده، اما با این حال ضریب معدنی شدن فسفر بلافاصله بعد از کاربرد کمپوست کاهش می‌یابد. لیکن بعد از مدت زمان ماندگاری سه ماه کمپوست در خاک مقدار مناسب فسفر قابل جذب برای رشد گیاهان تامین می‌شود (Wolkowski, 2003).

جدول ۴- اثر پودر خون، پودر استخوان و خاک فسفات بر خصوصیات شیمیایی کمپوست زباله شهری

Table 4- The effect of blood meal, bone meal and phosphate soil on the chemical properties of municipal waste compost

تیمارهای آزمایشی Experimental treatment	درجه پلیمراسیون HR	شاخص هوموسی شدن HI	نسبت هوموسی شدن HA/HF	فولویک اسید FA (%)	هیومیک اسید HA (%)	آهن Fe (mg.kg^{-1})	فسفر P (mg.kg^{-1})	C/N	نیتروژن کل TN (%)	کربن آلی کل TOC (%)	هدایت الکتریکی EC (dS.m^{-1})
شاهد	24.40c	19.59c	4.07b	1.06b	4.32b	653.2c	0.51c	15.54a	1.42c	22.07a	6.87a
BL	28.64b	23.00b	4.10b	1.17ab	4.75b	706.6a	0.66c	8.26d	2.50a	20.66bc	6.28bc
B	28.06b	21.72bc	3.44c	1.32a	4.53b	682.3b	0.88b	10.58c	1.97b	20.86b	6.66ab
FS	34.56a	28.48a	4.69a	1.22ab	5.72a	662.1bc	1.61a	14.77ab	1.36c	20.10c	5.78c

داده‌های هر ستون با حداقل یک حرف مشترک دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن نمی‌باشند.

In each column, means with same letters have not significant difference at 5% of probability level by Duncan test.

پودر خون (BL)، پودر استخوان (B)، خاک فسفات (FS)، نیتروژن کل (TN)، نسبت کربن به نیتروژن (C/N)، کربن آلی کل (TOC)، درجه پلی میراسیون(HR)، شاخص هوموسی شدن (HI)، نسبت هوموسی شدن (HR)

آهن کمپوست غنی شده

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارها بر مقدار آهن کمپوست غنی شده در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). سه تیمار در این تحقیق باعث افزایش مقدار آهن کمپوست شد که این افزایش در سه تیمار پودر خون، پودر استخوان و خاک فسفات در مقایسه با شاهد به ترتیب ۸/۱، ۴/۴ و ۱/۴ درصد بود (جدول ۴). دو ترکیب پودر خون و پودر استخوان به دلیل دارا بودن مقادیر زیاد آهن باعث افزایش مقدار این عنصر در زمان غنی‌سازی کمپوست با این ترکیبات می‌باشد. خاک فسفات نیز در دو مقایسه با دو تیمار دیگر مقادیر کمتری آهن داشت که این تاثیر پس از غنی‌سازی و با توجه به اختلاف این تیمار با شاهد نیز قابل مشاهده است. در آزمایش دیگر توسط یونتا و همکاران (Yunta *et al*., 2013) عنوان داشتند اثرات مثبت پودر خون در تأمین منبع نیتروژن همراه با قابلیت نگهداری آهن متصل به ترکیبات آلی پورفیرین سبب آن می‌شود که بتوان از آن به عنوان کود آهن در کشاورزی ارگانیک استفاده نمود. قربانزاده و همکاران (Ghorbanzadeh *et al*., 2009) نیز در بررسی اثر افزودن پودر خون به خاک مشاهده نمود که میزان آهن فراهمی پس از گذشت ۳۰ روز افزایش و به بیشترین مقدار خود رسید. افزایش میزان آهن در تیمار پودرخون می تواند بدلیل تشکیل کلاتهای آهن در اثر فعالیت های میکروبی در کمپوست باشد. کم بودن میزان آهن فراهمی در تیمار پودر استخوان در مقایسه با پودر خون، می تواند بدلیل تجزیه کندتر آن نسبت به پودر خون و هم می تواند جایگزین شدن یونهای کلسیم ، منیزیم، روی و مس دوظرفیتی بجای آهن سه ظرفیتی باشد (Singh and Sinha, 1977).

اسید هیومیک و اسید فولویک در کمپوست غنی شده

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمارهای آزمایشی بر شاخص‌های هوموسی شدن تاثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد داشتند (جدول ۳). دو تیمار پودر خون و استخوان اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشتند و این در حالی است که بیشترین مقدار اسید هیومیک در تیمار خاک فسفات مشاهده شده که باعث افزایش ۳۲ درصدی در مقایسه با شاهد شد (جدول ۴). بالا بودن درصد اسید هیومیک به اسید فولویک می‌تواند به دلیل این مطلب باشد که اسید فولویک دارای ترکیبات اسیدآمینه و قندی بوده که نسبت به اسید هیومیک سریع‌تر تجزیه می‌شوند (Amir *et al*., 2008)، موضوع افزایش درصد اسید هیومیک و فولویک با کاربرد خاک فسفات و آهک نیز توسط تحقیق دیگری تایید شده است (Satisha and Devarajan, 2005). غلظت اسید فولویک در طی فرآیند کمپوست سازی کاهش می یابد، در حالی که غلظت اسید هیومیک از نظر ساختاری پایدار نسبتا افزایش می یابد دلیل این تفاوت این بود اگر چه اسید فولویک و اسید هیومیک هر دو در فرآیند هیومیک شدن تولید می شوند لیکن اسید فولویک تولید شده توسط میکروارگانیسم ها به عنوان منبع انرژی و بستری برای تولید اسیدهیومیک در کمپوست بالغ استفاده می شود (Zhang *et al*., 2018).

اقبال و همکاران (Iqbal *et al*., 2010) نیز گزارش کردند که در کمپوست غنی شده با سنگ فسفات، مقدار اسید هیومیک (گستره بین ۷/۶۰ تا ۱۲/۲۴ درصد) در مقایسه با شاهد (۵/۸ تا ۱۰/۳۷ درصد) افزایش داشت. درحالی که اسید فولویک در مخلوط کمپوست تا ۲۱ روز افزایش و سپس در روزهای باقی‌مانده تا پایان دوره در هردو کمپوست تیمار شده و شاهد کاهش داشت. این محققان نتیجه‌گیری کردند که تیمار کردن کمپوست با خاک فسفات و آهک منجر به تشکیل هم اسید هیومیک و هم اسید فولویک در مقایسه با کمپوست تیمار نشده (شاهد) گردید که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. همچنین نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تاثیر تیمارهای آزمایشی بر نسبت هوموسی شدن (HR) و شاخص هوموسی شدن (HI) نیز در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). این مطلب نشان دهنده افزایش پیچیدگی در ساختمان ترکیبات هیومیکی است که احتمالا بدلیل نسبت‌های پایین‌تر ترکیباتی با شدت تجزیه بیشتر که می‌تواند شامل اجزای اسید فولویک باشد (Senesi, 1996). نسبت پلیمریزاسیون نیز نشانگر افزایش مولکول‌های پیچیده‌تر اسید هیومیک به مولکول‌های ساده‌تر اسید فولویک است (Amir *et al*., 2008). این نسبت در تیمار خاک فسفات دارای بیشترین نسبت به سایر تیمارها بود. اسید فولویک فعال‌ترین بخش مواد هوموسی در جذب مقادیر قابل توجه کلسیم و آزاد کردن یون‌های هیدروژن است که انحلال فسفر را تسهیل می‌کند اسید هیومیک نیز، با تشکیل کمپلکس‌هایی از فسفر و کلسیم زمینه را برای انحلال بیشتر ترکیبات فسفره را فراهم می‌آورد (Singh and Amberger, 1990).

نتایج مرحله دوم

وزن خشک اندام‌های هوایی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که وزن خشک اندام هوایی گیاه اسفناج پس از برداشت در تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد داشتَ (جدول ۵). بیشترین وزن خشک گیاه مربوط به تیمار پودر خون بود که اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد داشت (جدول ۶). به طور کلی اثر مثبت ماده آلی، فسفر و نیتروژن موجود در تیمارهای مورد استفاده در این تحقیق بر رشد گیاه، باعث افزایش وزن خشک این گیاه در مقایسه با تیمار شاهد شده است. نتایج این تحقیق با نتایج قربانزاده و همکاران (Ghorbanzadeh *et al*., 2009)

مطابقت دارد. این محقق گزارش نمود که در صورت استفاده از پودر خون در کشت گیاه ذرت به میزان ۱/۵ تا ۳ تن در هکتار سبب افزایش وزن خشک اندام‌های هوایی گیاه می‌گردد. در آزمایش مشابه توسط محصلی و فربود (Mohasseli and Farbood, 2019) مشاهده نمودن که کاربرد پودر خون سبب افزایش میزان وزن خشک بادرنجوبه به میزان ۲۲٪ گردید. این موضوع می تواند بدلیل تاثیر بهبود شرایط تغذیه‌ای و نقش مثبت آهن در فتوسنتز و عملکرد فتوسیستم های نوری در افزایش رشد باشد. پریتپند و همکاران (Preetipande *et al*., 2007) تاثیر مثبت آهن بر عملکرد ماده خشک گیاهی به دلیل افزایش بیوسنتز اکسین، فعالیت فسفواینوال پیروات کربوکسیلاز و ریبوزبی فسفات کربوکسیلاز و کارایی جذب عناصر عنوان کردند.

در آزمایشی در خصوص تاثیر توام پودر خون و پودر استخوان بر عملکرد گندم و جو بهاره مشخص شد با افزایش مقادیر این دو کود، عملکرد گندم بطور خطی افزایش یافت، لیکن در خصوص گیاه جو اینگونه نبود (Jeng *et al*., 2004). افزایش وزن خشک اندام هوایی گیاه اسفناج در پی افزایش سطوح نیتروژن و فسفر در خاک در مطالعه نمادودزی و همکاران (Nemadodzi *et al*., 2017) تایید شده است. فلاح و همکاران (Fallah *et al*., 2014) افزایش عملکرد اسفناج در سطوح بالای کمپوست زباله شهری را گزارش دادند. به نظر می‌رسد که تیمارهای مورد استفاده در این تحقیق به دلیل ماهیت آلی خود علاوه بر تاثیر مثبت بر فعالیت‌های زیستی خاک، باعث بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک شده که این امر باعث بهبود رشد گیاه اسفناج شده است. بهبود خصوصیات زیستی و شیمیایی خاک در پی کاربرد مواد آلی توسط ژانگ و یانگ (Zhang and Yang, 2008) نیز گزارش شده است.

سطح برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای آزمایشی بر سطح برگ گیاه اسفناج در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). با توجه به نتایج مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی مشخص شد که کاربرد کمپوست به تنهایی و همچنین کمپوست غنی شده با پودر خون و استخوان و خاک فسفات باعث افزایش معنی‌دار سطح برگ در مقایسه با شاهد شدند، که البته بین تیمارها با یکدیگر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۶). تاثیر تیمارهای آلی مورد استفاده در این تحقیق بر سطح برگ گیاه اسفناج مثبت بود. افزایش محتوای عناصر غذایی در گیاه در پی افزودن ترکیبات آلی به خاک می‌توانند از جمله عوامل بهبود خصوصیات رشدی از جمله سطح برگ گیاه شود (۲۷). ریموند (۴۵) افزایش سطح برگ گیاه را در پی استفاده از فسفر گزارش کرده، و علت این امر را افزایش هدایت هیدرولیکی ریشه بواسطه فراهمی فسفر بیان کرده که منجر به جذب آب بیشتر از خاک و در نتیجه حفظ پتانسیل آب برگ شده و این امر باعث افزایش سطح برگ گیاه می‌شود. افزایش قابل توجه در میزان سطح برگ گیاه اسفناج در پی استفاده از سطوح مختلف نیتروژن و فسفر نیز گزارش شده است (Nemadodzi *et al*., 2017). افزایش سطح برگ گیاه اسفناج در کابرد کود شیمیایی و ترکیب کود شیمیایی و کمپوست زباله شهری در مطالعه انجام شده توسط فلاح و همکاران (Fallah *et al*., 2014) نیز گزارش شده است. این محققان دلیل این امر را افزایش میزان عناصر غذایی همچون نیتروژن، پتاسیم و فسفر در پی کاربرد کمپوست زباله شهری به خاک بیان کردند. در این تحقیق نیز به نظر می‌رسد که افزایش فراهمی عناصر غذایی باعث بهبود رشد گیاه و افزایش فتوسنتز و به تبع آن افزایش میزان سطح برگ شده است.

غلظت نیتروژن در اندام هوایی

مطابق با نتایج تجزیه واریانس (جدول ۵)، اثر تیمارهای آزمایشی بر غلظت نیتروژن اندام هوایی گیاه اسفناج در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. بررسی مقایسه میانگین داده‌ها نیز نشان داد که تنها تیمار پودر خون اختلاف معنی‌داری با شاهد داشته و این در حالی بود که اختلاف بین سایر تیمارها و همچنین بین تیمارها با شاهد معنی‌دار نبود (جدول ۶). گزارش شده است که پودر خون تنها کود آلی حاوی نیتروژن قابل حل در آب می‌باشد که علاوه بر نیتروژن، آهن، فسفر و هورمون‌های مفید در رشد گیاهان را نیز دارا می‌باشد (Koenig and Johnson, 1999). پودر خون در شرایط خاک‌های آهکی آزادسازی سریع‌تری دارد و بر اثر تجزیه آن، pH خاک نیز کاهش می‌یابد. لذا زمانی که پروتئین خون در خاک قرار می‌گیرد به دلیل اندازه کوچک ذرات آن تحت تاثیر فعالیت میکروارگانیسم‌ها قرار گرفته و در شرایط گرم و مرطوب خاک نیتروژن موجود در پودر خون به آمونیم تبدیل شده و تحت تاثیر باکتری‌های نیترات‌ساز به نیترات تبدیل شده و مورد استفاده گیاه قرار می‌گیرد (Agehara and Warncke, 2005). در گزارش دیگری نیز بیان شده که استفاده از پودر خون باعث افزایش میزان نیترات و آمونیوم در خاک به تبع آن افزایش نیتروژن در اندام هوایی گیاه شده است (Mousa, 2004). مونوزوگا و همکاران (Munoz-Vega *et al*., 2016) نیز با کاربرد انواع کودهای آلی از جمله پودر خون گزارش دادند که این ترکیبات تاثیر مثبتی بر محتوای نیتروژن اندام هوایی سه گونه بلوبری مورد مطالعه داشتند.

غلظت آهن اندام هوایی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تاثیر تیمارهای آزمایشی بر غلظت آهن در اندام هوایی معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد بود. (جدول ۵). کمترین و بیشترین مقدار آهن در اندام هوایی با مقادیر

۳۷۳ و ۱۱۷۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم به ترتیب در دو تیمار شاهد و پودر خون مشاهده شد و بین دو تیمار پودر استخوان و شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۶). در تیمار پودر استخوان نیز میزان جذب آهن کمتر از تیمار کمپوست غنی نشده بوده که این موضوع به دلیل اثرات بازدارندگی فسفر بر جذب آهن توسط ریشه گزارش شده است (George and Lauchli, 1985). در آزمایش انجام شده توسط قربانزاده و همکاران (Ghorbanzadeh *et al*., 2009) در اثر اعمال تیمار پودر خون میزان آزادسازی آهن فراهم افزایش یافت و آنها علت را افزایش فعالیت ریز جانداران به دنبال مصرف پودر خون عنوان نمودند.

غلظت فسفر در اندام هوایی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که غلظت فسفر در اندام هوایی گیاه اسفناج در تیمارهای مختلف آزمایشی اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد داشتند (جدول ۵). بیشترین و کمترین غلظت فسفر اندام هوایی گیاه اسفناج به ترتیب در تیمار خاک فسفات (۰/۱۸۴ درصد) و در شاهد (۰/۰۹۸ درصد) مشاهده شد (جدول ۶). تیمارهای مورد مطالعه با توجه به تاثیر مثبتی که بر میزان فسفر فراهم در خاک داشتند؛ توانستند بر میزان غلظت این عنصر در اندام هوایی گیاه نیز موثر واقع شوند. خاک فسفات با توجه به بیشترین مقدار فراهمی فسفر در خاک، بیشترین اختلاف با شاهد را نیز در این زمینه دارا بود. کاهش جذب فسفر در تیمار پودر خون می تواند به سبب اثر بازدارندگی آهن موجود در پودر خون بر جذب فسفر توسط ریشه گیاه باشد. از سوی دیگر افزایش نیتروژن در این تیمار موجب افزایش سطح برگ و در نتیجه رقیق شدن یا کاهش در غلظت عناصر درون برگ شود (Mortvedt, 1973). علاوه بر این کاهش جذب فسفر در تیمار پودر استخوان می تواند بدلیل آزاد سازی آهسته فسفر در این تیمار در مقایسه با دو تیمار دیگر باشد (Ghorbanzadeh *et al*., 2009).

جدول ۵- تجزیه واریانس اثر کمپوست زباله شهری غنی شده با پودر خون، پودر استخوان و خاک فسفات بر برخی صفات گیاه اسفناج

Table 5- ANOVA for the effectof municipal waste compost enriched by blood meal, bone meal and phosphate soil on some traits of spinach plant

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares				
		سطح برگ Leaf area	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight	آهن Fe	فسفر P	نیتروژن N
تیمار Treatment	4	0.0004**	1.454**	330142**	1.003**	0.2189*
خطا Error	10	0.000073	0.1035	9688	0. 017	0.0621
ضریب تغییرات CV (%)		7.38	8.94	14.67	7.96	9.33

ns و *و **- به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد است

ns, *, **: non-significant and significant at 5% and 1% of probability levels, respective

جدول ۶- کمپوست زباله شهری غنی شده با پودر خون، پودر استخوان و خاک فسفات بر برخی صفات گیاه اسفناج

Table 6- The effectof municipal waste compost enriched by blood meal, bone meal and phosphate soil on some traits of spinach plant

تیمارهای آزمایشی Experimental teratment	سطح برگ Leaf area (m^2)	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight ($g.pot^{-1}$)	آهن Fe ($mg.kg^{-1}$)	فسفر P (%)	نیتروژن N (%)
شاهد	0.094b	2.90c	373c	0.098d	2.50b
Co	0.115a	3.17c	635b	0.112c	2.45b
BL	0.124a	4.63a	1177a	0.123b	3.13a
B	0.123a	3.33c	385c	0.108c	2.65b
FS	0.124a	3.95b	783b	0.184a	2.61b

داده‌های هر ستون با حداقل یک حرف مشترک دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن نمی‌باشند.

In each column, means with same letters have not significant difference at 5% of probability level by Duncan test

شاهد (بدون کمپوست)، کمپوست غنی نشده (CO)، پودر خون (BL)، پودر استخوان (B)، خاک فسفات (FS)

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که غنی‌سازی کمپوست زباله شهری با استفاده از افزودنی‌های آلی و معدنی می‌تواند ضمن جبران کمبود برخی عناصر غذایی در کمپوست غنی شده؛ منجر به افزایش رشد گیاه اسفناج شود. استفاده از پودر خون در افزایش غلظت آهن و نیتروژن در اندام هوایی گیاه موثر بوده و به کاهش نسبت C/N نسبت به تیمار شاهد منجر شده است. همچنین تاثیر مثبت خاک فسفات و پودر استخوان در میزان افزایش محتوی فسفر کمپوست موثر می باشد. علاوه بر این، ترکیب خاک فسفات به همراه کمپوست زباله شهری با توجه به تشکیل مواد پایدارتری همچون اسید هیومیک و فولویک از هدر رفت بعدی آن‌های جلوگیری می‌نماید، در نهایت می‌توان گفت که در این آزمایش دو تیمار پودر خون و خاک فسفات بهترین تاثیر در غنی سازی و افزایش خصوصیات رشدی گیاه اسفناج را نشان داده اند و در مجموع پودر خون به عنوان بهترین تیمار انتخاب می شود.

سپاسگزاری

بدین وسیله از همکاری معاونت فنی و اجرایی و مدیر محترم مجتمع بازیافت سازمان مدیریت پسماند شهرداری مشهد که امکان این تحقیق را فراهم نمودند قدردانی می‌شود.

منابع

1- Askari A., Khanmirzaei A., and Rezaei S. 2020. Vermicompost enrichment using organic wastes: nitrogen content and mineralization. Internaional Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture 9: 151-160.

2- Agehara S., and Warncke D. 2005. Soil moisture and tempreture effects on nitrogen release from organic nitrogen resources. Soil Science Society of American Journal 69: 1844-1855. https://doi.org/10.2136/sssaj2004.0361.

3- Amir S., Benlboukht F., Cancian N., Winterton P., and Hafidi M. 2008. Physico-chemical analysis of tannery solid waste and structural characterization of its isolated humic acids after composting. Journal of Hazardous Materials 160: 448–455. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.03.017.

4- Anastasi A., Coppola T., Prigione V., and Varese G.C. 2009. Pyrene degradation and detoxification in soil by a consortium of basidiomycetes isolated from compost: role of laccases and peroxidases. Journal of Hazardous Materials 165: 1229–1233. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.10.032.

5- Barthod J., Rumpel C., and Dignac M.F. 2018. Composting with additives to improve organic amendments. A review. Agronomy for Sustainable Development 38: 17-30. https://doi.org/10.1007/s13593-018-0491-9.

6- Brady N., and Weil R .2002. The Nature and Properties of Soils. Prentice, New Jersey, USA, 385, 495.

7- Bremner J.M., and Mulvaney C.S. 1982. Nitrogen-total, Methods of Soil Analysis. American Society of Agronomy. Book Series: Agronomy Monographs 31: 595-624. https://doi.org/10.2136/sssabookser5.3.c37

8- Brito L.M., Coutinho J., and Smith S.R. 2008. Methods to improve the composting process of the solid fraction of dairy cattle slurry. Bioresource Technology 99(18): 8955–8960. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.05.005.

9- Cesaro A., Conte A., Belgiorno V., Siciliano A., and Guida M. 2019. The evolution of compost stability and maturity during the full-scale treatment of the organic fraction of municipal solid waste. Journal of Environmental Management 232: 264-270. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.10.121.

10- Chandna P., Nain L., Singh, S and Kuhad, C. 2013. Assessment of bacterial diversity duringcomposting of agricultural byproducts. BMC Microbiology 2: 99-106. https://doi.org/10.1186/1471-2180-13-99.

11- Crecchio C., Curci M., Pizzigallo M., Ricciuti P., and Ruggiero P. 2004. Effects of municipal solid waste compost amendments on soil enzyme activities and bacterial genetic diversity. Soil Biology and Biochemistry 36: 1595–1605. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2004.07.016.

12- Emami A. 1996. Plant analysis methods. First volume. Publication 982. Soil and Water Research Institute. 120 p. (In Persian)

13- Fallah Nezhad M., Peyvast GH.A., Olfati J.A., and Sammak B. 2014. Effects of chemical fertilization and organic fertilizer on spinach (*Spinacia oleracea* L.) yield and nitrate accumulation. Journal of Plant Production Research 21(1): 49-68. (In Persian with English abstract). 20.1001.1.23222050.1393.21.1.3.3.

14- FAO. 2009. World Soil Map, Revised Legend. Rome.

15- Felton G.K., Carr L.E., Prigge C.E., and Bouwkamp J.C. 2004. Nitrogen and phosphorous dynamics in cocomposted yard trimmings and broiler litter. Comp Sci Utiliz 12(4): 349–355. https://doi.org/10.1080/1065657X.2004.10702204.

16- Fracchia L., Dohrmann A.B., Martinotti M.G., and Tebbe C.C. 2006. Bacterial diversity in finished compost and vermicompost: differences revealed by cultivation-independent analyses of PCR-amplified 16S rRNA genes. Applied Microbiology and Biotechnology 71(6): 942–952. https://doi.org/10.1007/s00253-005-0228-y.

17- Garcia-Gil J.C., Ceppi S., Velasca M., Polo A., and Senesi N. 2004. Longterm effects of amendment with municipal solid waste compost on the elemental and acid functional group composition and pH-buffer capacity of

soil humic acid. Geoderma 121: 135–142. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2003.11.004.

18- Garg P., Gupta A., and Staya S. 2006. Vermicomposting of different types of waste using Eisenia foetida: A comparative study. Bioresource Technology 97: 391-395. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.03.009.

19- George C.E., and Lauchli A. 1985. Phosphorus efficiency and phosphate-iron intraction in maize. Agronomy Journal 77: 399-403. https://doi.org/10.2134/agronj1985.00021962007700030011x.

20- Ghorbanzadeh N., Haghnia G.H, Lakzian A, and Fotovat A. 2009. Phosphorus avallabilty in a soil amended with bone meal. IR, Journal of Soil Reserch (Formerly Soil and Water Sci) 23(1): 69-77. (In Persian). https://doi.org/10.22092/ijsr.2009.126657.

21- Ginting N. 2020. Utilization of blood meal, slaughterhouse waste and bio gas slurry into fertilizer. Indonesian Journal of Agricultural Research 3(2): 105–115 https://doi.org/10.32734/injar.v3i2.4267.

22- Hanninen M., and Himanen K. 2009. Effect of commercial mineral-based additives on composting and compost quality. Waste Management 29: 2265–2273. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.03.016.

23- Hargreaves J.C., Adl M.S., and Warman P.R. 2007. A review of the use of composted municipal solid waste in agriculture. Agriculture, Ecosystems & Environment 3085: 1-14. https://doi.org/10.1016/j.agee.2007.07.004.

24- Hu C., Yang O., Li-xia1 W., Bai-xing Y., Ying-xin L., and Da-wei D. 2021. Phosphate rock reduces the bioavailability of heavy metals by influencing the bacterial communities during aerobic composting. Journal of Integrative Agriculture 220(5): 1137–1146. https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63300-7.

25- Iqbal M.K., Shafiq T., Hussain A., and Ahmed K. 2010. Effect of enrichment on chemical properties of MSW compost. Bioresource Technology 101: 5969–5977. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.02.105.

26- Jeng A.S., Haraldsen T.K., Grønlund A., and Pedersen P.A. 2007. Meat and bone meal as nitrogen and phosphorus fertilizer to cereals and rye grass. In Advances in integrated soil fertility management in sub-Saharan Africa: challenges and opportunities (pp. 245-253). Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5760-1_21.

27-Jeng A., Haraldsen T.K., Grønlund A., Vagstad N., and Tveitnes S. 2004. Meat and bone meal as nitrogen fertilizer to cereals in Norway. Agriculture Food Science 13: 268–275. https://doi.org/10.2137/1239099042643080.

28- Kakar K., Nitta, Y., Asagi N., Komatsuzaki M., Shiotau F., Kokubo T., and Xuan T.D. 2019. Morphological analysis on comparison of organic and chemical fertilizers on grain quality of rice at different planting densities. Plant Production Science 22: 510–518. https://doi.org/10.1080/1343943X.2019.1657777.

29- Khalil M.K., Muhammad D., Qureshi S.U.R., Nawaz S., and Ishaq F. 2019. Impact of phosphorite on pH, electrical conductivity and water soluble phosphorous extracted from incubated citrus waste compost. Modern Chemistry 7(4): 109-115. http:// doi: 10.11648/j.mc.20190704.14.

30- Khandan A., and Astaraei A.R. 2005. Effents of organic (Municipal Waste Compost, Manure) and fertilizers on some physical properties of soil. Desert 10(2): 361 To 368. (In Persian with English abstact)

31- Koenig R., and Johnson M. 1999. Selection and using organic fertilizers. Utah State University.

32- Lakhdar A., Rabhi M., Ghnaya T., Montemurro F., Jedidi N., and Abdelly C. 2009. Effectiveness of compost use in salt-affected soil. Journal of Hazardous Materials 171(1-3): 29-37. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.05.132.

33- Li H., Zhang T., Tsang D.C.W., and Li G. 2020. Effects of external additives: Biochar, bentonite, phosphate, on co-composting for swine manure and corn straw. Chemosphere 248: 125927. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.125927.

34- Michael L., Berrow and Stein M. 1983. Extraction of Metals from Soils and Sewage Sludges by Refluxing with Aqua Regia. Analyst 108: 277-285. https://doi.org/10.1039/AN9830800277.

35- Montemurro F., Maiorana M., Convertini G., and Ferri D. 2006. Compost organic amendments in fodder crops: effects on yield, nitrogen utilization and soil characteristics. Compost Sciece Utilization 14(2): 114–123. https://doi.org/10.1080/1065657X.2006.10702272.

36-Mohasseli V., and Farbood F. 2019. The possibility of replacing blood powder instead of Fe EDDHA consumption in Melissa Officinalis L. Iranian Journal of Field Crops Research 17(3): 457-465. (In Persian with English abstract)

37-Mortvedt J.J. 1973. Micronutrient in agriculture. Chapter 11. P: 240-243.

38- Mousa S. 2004. Effect of blood meal on soil fertility, growth and yield of organic zucchini grown under greenhouse in South of Morocco. Théses et Masters (CIHEAM).

39- Muhammad K.I., Tahira S., Anwar H., and Khurshed A. 2010. Effect of enrichment on chemical properties of MSW compost. Bioresource Technology 101: 5969–5977. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.02.105.

40- Munoz-Vega P., Paillan, H., Serri H., Donnay D., Sanhueza C., Merino E., and Hirzel J. 2016. Effects of organic fertilizers on the vegetative, nutritional, and productive parameters of blueberries' Corona','Legacy', and'Liberty'. Chilean Journal of Agricultural Research 76(2): 201-212. http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392016000200010

41- Nemadodzi L.E., Araya H., Nkomo M., Ngezimana W., and Mudau N.F. 2017. Nitrogen, phosphorus, and potassium effects on the physiology and biomass yield of baby spinach (*Spinacia oleracea* L.). Journal of Plant Nutrition 40(14): 2033-2044. https://doi.org/10.1080/01904167.2017.1346121.
42- Oleszczuk P. 2007. Investigation on potentially bioavailable and sequestrated forms of polycyclic aromatic hydrocarbons during sewage sludge composting. Chemosphere 70:288–297. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2007.06.011.
43- Olsen S.R., and Sommers L.E. 1982. Phosphorus. In: Page, A.L., et al. (Eds.), Methods of Soil Analysis, Part 2: Chemical and Microbiological Properties. ASA Monograph 9: 403–430.
44- Pergola M., Persiani A., Palese A.M., Di Meo V., Pastore V., D'Adamo C., and Celano G. 2018. Composting: The way for a sustainable agriculture. Applied Soil Ecology 123: 744-750. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.10.016.
45-Preetipande M., Anwar S.C., Yadov V., and Patra, D. 2007. Optimal level of Iron and Zinc in relation to its influence on herb yield and protection of essential oil in menthol mint. Communications in Soil Science and Plant Analysis 38: 561-578. https://doi.org/10.1080/00103620701215627.
46- Qi B.C., Aldrich C., and Lorenzen L. 2004. Effect of ultrasonication on the humic acids extracted from lignocellulose substrate decomposed by anaerobic digestion. Chemical Engineering Journal 98: 153–163. https://doi.org/10.1016/j.cej.2003.07.002.
47- Reymond M., Svistoonoff S., Loudet O., Nussaume L., and Desnos T. 2006. Identification of QTL controlling root growth response to phosphate starvation in Arabidopsis thaliana. Journal of Plant, Cell and Environment 29: 115–25. https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2005.01405.x.
48- Saber M., Mohammed Z., Badr-el-Din S., and Awad N. 2011. Composting certain agricultural residues to potting soils. Journal of Ecology and the Natural Environment 3(3):78–84.
49- Satisha G.C., and Devarajan L. 2005. Humic substances and their complexation with phosphorous and calcium during composting of pressmud and other biodegradable. Communications in Soil Science and Plant Analysis 36: 805–818. https://doi.org/10.1081/CSS-200049454.
50- Senesi N., Miano T.M., and Brunetti G. 1996. Humic-like substances in organic amendments and effects on native soil humic substances, in: Piccolo, A., (Ed.). Humic substances in terrestrial ecosystems; p. 531–593. https://doi.org/10.1016/B978-044481516-3/50015-3.
51- Singh C.P., and Amberger A. 1990. Humic substances in straw compost with rack phosphate. Biodegradable Wastes 31: 165-174. https://doi.org/10.1016/0269-7483(90)90156-M.
52-Singh R. and Sinha M.K. 1977. Reactions of iron chelates in calcareous soil and their relative efficiency in iron nutrition of corn. Plant and Soil 46:17-29. https://doi.org/10.1007/BF00693111.
53- Soumare M., Tack F., and Verloo M. 2003. Characterisation of Malian and Belgian solid waste composts with respect to fertility and suitability for land application. Waste Management 23: 517–522. https://doi:10.1016/s0956-053x(03)00067-9
54- Suthar S. 2007, Vermicomposting potential of Perionyx sansibaricus (Perrier) in different waste materials. – Bioresource Technology 98: 1231-1237. https://doi.org/10.1016/S0956-053X(03)00067-9.
55- Toljander J.F., Santos-González J.C., Tehler A., and Finlay R.D. 2008. Community analysis of arbuscular mycorrhizal fungi and bacteria in the maize mycorrhizosphere in a long-term fertilization trial. FEMS Microbiology Ecology 65(2): 323–338. https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.2008.00512.x.
56- Walkley A., and IA Black. 1934. Chromic acid titration for determination of soil organic matter. Soil Science 63: 251.
57- Walter I., Martinez F., and Cuevas G. 2006. Plant and soil responses to the application of composted MSW in a degraded, semiarid shrubland in central Spain. Compost Science Utilization 14(2): 147–154. https://doi.org/10.1080/1065657X.2006.10702276.
58- Wolkowski R. 2003, Nitrogen management considerations for landspreading municipal solid waste compost. Journal Environment Quality 32: 1844–1850. https://doi.org/10.1080/1065657X.2006.10702276.
59- Wong J.W.C., and Fang M. 2000, Effect of lime addition on sewage sludge composting process. Water Resource 34(15): 3691–3698. https://doi:10.1016/S0043-1354(00)00116-0.
60- Yunta F., Foggia M., and Bellido-Dıá z V. 2013. Blood meal-based compound. Good choice as iron fertilizer for organic farming. Agriculture Food Chemistry 61: 3995−4003. https://doi: 10.1021/jf305563b.
61- Zhang M., and Yang L. 2008. Effect of tillage, fertilizer and green manure cropping on soil quality at an abandoned brick making site. Soil and Tillage Research 93: 87-93. https://doi.org/10.1016/j.still.2006.03.016.
62- Zhang Z., Zhao Y., Wang R., Lu Q., Wu J., Zhang D., Nie Z., and Wei Z. 2018. Effect of the addition of exogenous precursors on humic substance formation during composting. Waste Management 79: 462–471. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.08.025.
63- Zhou H., Meng H., Zhao L., Shen Y., Hou Y., Cheng H., and Song L. 2018. Effect of biochar and humic acid on the copper, lead, and cadmium passivation during composting. Bioresource Technology 258: 279–286. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.02.086.